

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-046030

(43)Date of publication of application : 16.02.1999

(51)Int.Cl.

H01S 3/10  
G02B 6/293  
H04B 10/17  
H04B 10/16  
H04J 14/00  
H04J 14/02  
H04B 10/14  
H04B 10/06  
H04B 10/04

(21)Application number : 10-137235

(71)Applicant : NEC CORP

(22)Date of filing : 19.05.1998

(72)Inventor : SHIMOMURA HIROSHI  
HENMI NAOYA

(30)Priority

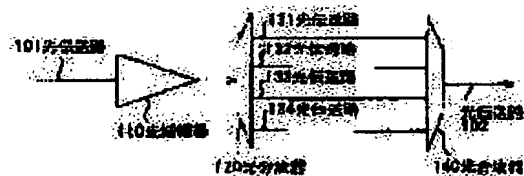
Priority number : 09140518 Priority date : 29.05.1997 Priority country : JP

## (54) OPTICAL SIGNAL RELAYING AND AMPLIFYING APPARATUS AND OPTICAL LEVEL REGULATOR

(57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide an optical relaying and amplifying apparatus and optical level regulator, which can remove noise by spontaneously emitted light beam and can regulate optical level which differs to a large extent for each wavelength.

**SOLUTION:** A waveform-multiplexed input optical signal from an optical transmission path 101 is amplified by an optical amplifier 110, and this amplified output is then branched to individual wavelengths by an optical branching circuit 120. The branched four optical signals are transmitted to the optical transmission paths 131 to 134 and thereafter combined by an optical combining circuit 140 which are connected to the end terminal of the optical transmission paths 131 to 134, and this optical signal is then output to the optical transmission path 102 as the waveform multiplex signal. The optical branching circuit 120 functions as a filter to output only the branched wavelength and eliminate noise by the spontaneously emitted beam of the optical amplifier 110.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 19.05.1998

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 11.07.2000

[Kind of final disposal of application other than the

examiner's decision of rejection or application  
converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of  
rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-46030

(43)公開日 平成11年(1999) 2月16日

(51)Int.Cl.<sup>9</sup>  
H 0 1 S 3/10  
G 0 2 B 6/293  
H 0 4 B 10/17  
10/16  
H 0 4 J 14/00

識別記号

F I

H 0 1 S 3/10  
G 0 2 B 6/28  
H 0 4 B 9/00

Z  
B  
J  
E  
S

審査請求 有 請求項の数67 O L (全 20 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願平10-137235

(22)出願日 平成10年(1998) 5月19日

(31)優先権主張番号 特願平9-140518

(32)優先日 平 9 (1997) 5月29日

(33)優先権主張国 日本 (J P)

(71)出願人 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(72)発明者 下村 博史

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

(72)発明者 逸見 直也

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

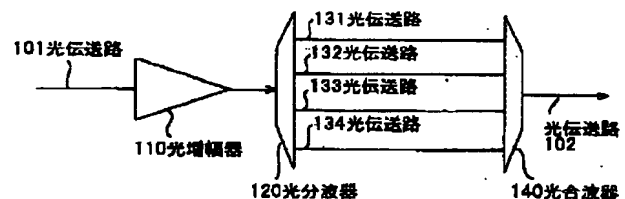
(74)代理人 弁理士 平田 忠雄

(54)【発明の名称】 光信号中継増幅装置及び光レベル調整装置

(57)【要約】

【課題】 自然放出光による雑音を除去でき、波長毎に大きく異なる光レベルを調整することが可能な光中継増幅装置及び光レベル調整装置を提供する。

【解決手段】 光伝送路101からの波長多重された入力光信号を光増幅器110で増幅し、この増幅出力は光分波器120で個々の波長に分波する。分波された4つの光信号は、光伝送路131～134に送出されたあと、光伝送路131～134の終端部に接続された光合波器140で合波され、波長多重として光伝送路102へ出力される。光分波器120はフィルタとして機能し、分波した波長のみを出力し、光増幅器110の自然放出光による雑音は除去する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 入力光信号を増幅して出力する光増幅器と、

前記光増幅器から出力された光信号の内の 1 波長のみを通過させる光フィルタ手段と、を備えたことを特徴とする光信号中継増幅装置。

【請求項 2】 前記光フィルタ手段は、アレイ導波路回折格子型光分波器、アレイ導波路回折格子型光合波器、アレイ導波路回折格子型光分波合波器、バンドパス光フィルタ、ファイバグレーティング型光分波器、ファイバグレーティング型光合波器、またはファイバグレーティング型光分波合波器であることを特徴とする請求項 1 記載の光信号中継増幅装置。

【請求項 3】 前記光増幅器は、半導体光増幅器、不純物添加光ファイバ増幅器のいずれかであることを特徴とする請求項 1 記載の光信号中継増幅装置。

【請求項 4】 前記不純物添加光ファイバ増幅器は、希土類添加光ファイバ増幅器であることを特徴とする請求項 3 記載の光信号中継増幅装置。

【請求項 5】 前記希土類添加光ファイバ増幅器は、エルビウム添加光ファイバ増幅器、ネオジム添加光ファイバ増幅器またはプラセオジム添加光ファイバ増幅器のいずれかであることを特徴とする請求項 4 記載の光信号中継増幅装置。

【請求項 6】 波長多重された光信号をそれぞれの波長に分波する第 1 の光分波合波器と、

前記第 1 の光分波合波器からの複数の光信号を個別に通過させる複数の光伝送路と、

前記複数の光伝送路からの光信号を合波して波長多重光信号を出力する第 2 の光分波合波器と、を備えることを特徴とする光信号中継増幅装置。

【請求項 7】 前記第 1 の光分波合波器は、前記波長多重された光信号を増幅する光増幅器を入力側に備え、または分波後の光信号のそれぞれを個別に増幅する複数の光増幅器を出力側に備えることを特徴とする請求項 6 記載の光信号中継増幅装置。

【請求項 8】 前記第 2 の光分波合波器は、その出力側に波長多重光を増幅する光増幅器を備えたことを特徴とする請求項 6 記載の光信号中継増幅装置。

【請求項 9】 前記第 1 の光分波合波器は光分波器であり、前記第 2 の光分波合波器は光合波器であることを特徴とする請求項 6 記載の光信号中継増幅装置。

【請求項 10】 前記第 1 及び第 2 の光分波合波器は、アレイ導波路回折格子型またはファイバグレーティング型の光分波器、光合波器、分波合波器のいずれかであることを特徴とする請求項 6 記載の光信号中継増幅装置。

【請求項 11】 前記光増幅器は、半導体光増幅器、不純物添加光ファイバ増幅器のいずれかであることを特徴とする請求項 7 または 8 記載の光信号中継増幅装置。

【請求項 12】 前記不純物添加光ファイバ増幅器は、希土類添加光ファイバ増幅器であることを特徴とする請求項 11 記載の光信号中継増幅装置。

【請求項 13】 前記希土類添加光ファイバ増幅器は、エルビウム添加光ファイバ増幅器、ネオジム添加光ファイバ増幅器またはプラセオジム添加光ファイバ増幅器のいずれかであることを特徴とする請求項 12 記載の光信号中継増幅装置。

【請求項 14】 入力側から入力ポートに入力された波長多重光信号を入出力ポートへ通過させ、前記入出力ポートからの波長多重光信号は出力ポートへ出力する光サーキュレータと、

前記光サーキュレータからの波長多重光信号を分波して出力すると共に、分波側からの各波長の光信号を結合して波長多重光信号として出力する光分波合波器と、

前記光分波合波器により分波された光信号のそれぞれを個別に伝送する複数の光伝送路と、

前記複数の光伝送路からの光信号を個別に反射させて往路に戻す複数の光反射ミラーと、を備えたことを特徴とする光信号中継増幅装置。

【請求項 15】 前記光分波合波器は、アレイ導波路回折格子型またはファイバグレーティング型であることを特徴とする請求項 13 記載の光信号中継増幅装置。

【請求項 16】 前記光サーキュレータは、その入力側または前記出力ポートの出力側に光増幅器を備えることを特徴とする請求項 14 記載の光信号中継増幅装置。

【請求項 17】 前記複数の光伝送路は、それぞれに光増幅器を備えることを特徴とする請求項 14 記載の光信号中継増幅装置。

【請求項 18】 前記光増幅器は、半導体光増幅器、不純物添加光ファイバ増幅器のいずれかであることを特徴とする請求項 16 または 17 記載の光信号中継増幅装置。

【請求項 19】 前記不純物添加光ファイバ増幅器は、希土類添加光ファイバ増幅器であることを特徴とする請求項 18 記載の光信号中継増幅装置。

【請求項 20】 前記希土類添加光ファイバ増幅器は、エルビウム添加光ファイバ増幅器、ネオジム添加光ファイバ増幅器またはプラセオジム添加光ファイバ増幅器のいずれかであることを特徴とする請求項 19 記載の光信号中継増幅装置。

【請求項 21】 入力側からの波長多重光信号を分波して出力すると共に、分波側からの各波長の光信号を結合して波長多重光信号として出力する光分波合波器と、

前記光分波合波器で分波された各波長の光信号を個別に伝送する複数の光伝送路と、

前記光伝送路を通過してきた光信号を他の波長に重複することなく異なる光伝送路を迂回して前記光分波合波器に入力させる光分岐結合手段と、を備えたことを特徴とする光信号中継増幅装置。

【請求項 22】 前記光分岐結合手段は、前記光伝送路間のそれぞれに設けられた光分岐器及び光伝送路からなることを特徴とする請求項 21 記載の光信号中継増幅装置。

【請求項 23】 前記光分波合波器は、その入力側または出力側に波長多重光信号を増幅する光増幅器を備えることを特徴とする請求項 21 記載の光信号中継増幅装置。

【請求項 24】 前記複数の光伝送路は、それぞれに光増幅器を備えることを特徴とする請求項 21 記載の光信号中継増幅装置。

【請求項 25】 前記光増幅器は、半導体光増幅器、または不純物添加光ファイバ増幅器であることを特徴とする請求項 23 または 24 記載の光信号中継増幅装置。

【請求項 26】 前記不純物添加光ファイバ増幅器は、希土類添加光ファイバ増幅器であることを特徴とする請求項 25 記載の光信号中継増幅装置。

【請求項 27】 前記希土類添加光ファイバ増幅器は、エルビウム添加光ファイバ増幅器、ネオジム添加光ファイバ増幅器またはプラセオジム添加光ファイバ増幅器のいずれかであることを特徴とする請求項 26 記載の光信号中継増幅装置。

【請求項 28】 前記光分波合波器は、アレイ導波路回折格子型またはファイバグレーティング型の光分波器、光合波器、分波合波器のいずれかであることを特徴とする請求項 21 記載の光信号中継増幅装置。

【請求項 29】 波長多重された光信号をそれぞれの波長に分波する第 1 の光分波合波器と、前記第 1 の光分波合波器からの複数の光信号を個別に通過させる複数の光フィルタと、前記複数の光フィルタからの光信号を結合して波長多重光信号を出力する第 2 の光分波合波器と、を備えたことを特徴とする光信号中継増幅装置。

【請求項 30】 前記第 1 の光分波合波器は、前記波長多重された光信号を増幅する光増幅器を入力側に備えることを特徴とする請求項 29 記載の光信号中継増幅装置。

【請求項 31】 前記第 2 の光分波合波器は、その出力側に合波した波長多重光を増幅する光増幅器を備えることを特徴とする請求項 29 記載の光信号中継増幅装置。

【請求項 32】 前記第 1 及び第 2 の光分波合波器は、アレイ導波路回折格子型またはファイバグレーティング型の光分波器、光合波器、分波合波器のいずれかであることを特徴とする請求項 29 記載の光信号中継増幅装置。

【請求項 33】 前記光フィルタは、通過させたい波長域に設定されたバンドパス光フィルタであることを特徴とする請求項 29 記載の光信号中継増幅装置。

【請求項 34】 波長多重された光信号をそれぞれの波長に分波する光分岐器と、

前記光分岐器からの複数の光信号を個別に通過させる複数の光フィルタと、

前記複数の光フィルタからの光信号を結合して波長多重光信号を出力する光結合器と、を備えたことを特徴とする光信号中継増幅装置。

【請求項 35】 前記光分岐器は、前記波長多重された光信号を増幅する光増幅器を入力側に備えることを特徴とする請求項 34 記載の光信号中継増幅装置。

【請求項 36】 前記光結合器は、その出力側に合波した波長多重光を増幅する光増幅器を備えることを特徴とする請求項 34 記載の光信号中継増幅装置。

【請求項 37】 前記光フィルタは、通過させたい波長域に設定されたバンドパス光フィルタであることを特徴とする請求項 29 記載の光信号中継増幅装置。

【請求項 38】 入力側から入力ポートに入力された波長多重光信号を入出力ポートへ通過させ、前記入出力ポートからの波長多重光信号は出力ポートへ出力する光サーキュレータと、

前記光サーキュレータからの波長多重光信号を分波して出力すると共に、分波側からの各波長の光信号を結合して波長多重光信号として出力する光分波合波器と、前記光分波合波器により分波された光信号のそれぞれを個別に伝送する複数の光フィルタと、

前記複数の光フィルタからの光信号を個別に反射させて往路に戻す複数の光反射ミラーと、を備えたことを特徴とする光信号中継増幅装置。

【請求項 39】 前記光サーキュレータは、その入力側または出力側に波長多重光を増幅する光増幅器を備えることを特徴とする請求項 38 記載の光信号中継増幅装置。

【請求項 40】 前記光分波合波器は、アレイ導波路回折格子型またはファイバグレーティング型であることを特徴とする請求項 38 記載の光信号中継増幅装置。

【請求項 41】 前記光フィルタは、通過させたい波長域に設定されたバンドパス光フィルタであることを特徴とする請求項 38 記載の光信号中継増幅装置。

【請求項 42】 前記光フィルタは、双方向光フィルタであることを特徴とする請求項 38 記載の光信号中継増幅装置。

【請求項 43】 入力側から入力ポートに入力された波長多重光信号を入出力ポートへ通過させ、前記入出力ポートからの波長多重光信号は出力ポートへ出力する光サーキュレータと、

前記光サーキュレータからの波長多重光信号を分波して出力すると共に、分波側からの各波長の光信号を結合して波長多重光信号として出力する光分岐結合器と、前記光分岐結合器により分波された光信号のそれぞれを個別に伝送する複数の光フィルタと、

前記複数の光フィルタからの光信号を個別に反射させて往路に戻す複数の光反射ミラーと、を備えたことを特徴

とする光信号中継増幅装置。

【請求項44】 前記光サーキュレータは、その入力側または出力側に波長多重光を増幅する光増幅器を備えることを特徴とする請求項43記載の光信号中継増幅装置。

【請求項45】 前記光フィルタは、通過させたい波長域に設定されたバンドパス光フィルタであることを特徴とする請求項43記載の光信号中継増幅装置。

【請求項46】 前記光フィルタは、双方向光フィルタであることを特徴とする請求項43記載の光信号中継増幅装置。

【請求項47】 入力側からの波長多重光信号を分波して出力すると共に、分波側からの各波長の光信号を結合して波長多重光信号として出力する光分波合波器と、前記光分波合波器で分波された各波長の光信号を個別に伝送する複数の光フィルタと、前記光フィルタを通過してきた光信号を他の波長に重複することなく異なる光伝送路を迂回して前記光分波合波器に入力させる光分岐結合手段と、を備えたことを特徴とする光信号中継増幅装置。

【請求項48】 前記光分岐結合手段は、前記光伝送路間のそれぞれに設けられた光分岐器及び光伝送路からなることを特徴とする請求項47記載の光信号中継増幅装置。

【請求項49】 前記光分波合波器は、その入力側または出力側に光増幅器を備えることを特徴とする請求項47記載の光信号中継増幅装置。

【請求項50】 前記光分波合波器は、アレイ導波路回折格子型またはファイバグレーティング型の光分波器、光合波器、分波合波器のいずれかであることを特徴とする請求項47記載の光信号中継増幅装置。

【請求項51】 前記複数の光フィルタは、通過させたい波長域に設定されたバンドパス光フィルタであることを特徴とする請求項47記載の光信号中継増幅装置。

【請求項52】 波長多重された入力光信号を異なる各波長に分波する第1の光分波合波器と、前記第1の光分波合波器の出力端のそれぞれに導出された異なる波長の複数の光信号を個別に減衰させる複数の光減衰器と、前記複数の光減衰器により減衰された複数の光信号を合波し、波長多重光信号として出力する第2の光分波合波器と、を備えたことを特徴とする光レベル調整装置。

【請求項53】 前記光減衰器は、光可変減衰器または光固定減衰器のいずれかであることを特徴とする請求項52記載の光レベル調整装置。

【請求項54】 前記光減衰器は、前記第1の光分波合波器と前記第2の光分波合波器とを波長の異なる光信号毎に接続する光伝送路のそれぞれに設けられていることを特徴とする請求項52記載の光レベル調整装置。

【請求項55】 前記第1の光分波合波器は、アレイ導

波路回折格子型またはファイバグレーティング型であることを特徴とする請求項52記載の光レベル調整装置。

【請求項56】 前記第2の光分波合波器は、アレイ導波路回折格子型またはファイバグレーティング型であることを特徴とする請求項52記載の光レベル調整装置。

【請求項57】 前記光減衰器に代えて、あるいは直列に光増幅器を設けたことを特徴とする請求項52記載の光レベル調整装置。

【請求項58】 波長多重された入力光信号を入出力ポートへ通過させると共に後段からの波長多重光信号を前記入出力ポートとは異なるポートに出力する光サーキュレータと、

前記光サーキュレータの前記入出力ポートからの波長多重光信号を複数の異なる波長に分波して出力すると共に、戻されてきた前記複数の異なる波長の光信号を結合させて波長多重光信号として出力する光分波合波器と、前記光分波合波器の出力端のそれぞれに導出された異なる波長の複数の光信号を個別に減衰させる複数の光減衰器と、

前記複数の光減衰器からの光信号のそれぞれを反射させ、通過してきた光減衰器を介して前記光分波合波器へ戻す複数の光反射ミラーと、を備えたことを特徴とする光レベル調整装置。

【請求項59】 前記光分波合波器は、アレイ導波路回折格子型またはファイバグレーティング型であることを特徴とする請求項58記載の光レベル調整装置。

【請求項60】 前記光減衰器は、光可変減衰器または光固定減衰器のいずれかであることを特徴とする請求項58記載の光レベル調整装置。

【請求項61】 前記光減衰器に代えて、または直列に光増幅器を設けたことを特徴とする請求項58記載の光レベル調整装置。

【請求項62】 前記光減衰器は、前記光分波合波器と前記光反射ミラーとの間を波長の異なる光信号毎に接続する光伝送路のそれぞれに設けられていることを特徴とする請求項58記載の光レベル調整装置。

【請求項63】 波長多重された光信号を複数の異なる波長に分波して出力すると共に、戻されてきた前記複数の異なる波長の光信号を結合させて波長多重光信号として出力する光分波合波器と、

前記光分波合波器の入出力端のそれぞれに接続された複数の光伝送路と、

前記光伝送路を通過してきた光信号を他の波長に重複することなく異なる光伝送路を迂回して前記光分波合波器に入力させる光分岐結合手段と、

前記分岐結合手段の前記光伝送路間に設けられて、通過する光信号を減衰させる複数の光減衰器と、を備えたことを特徴とする光レベル調整装置。

【請求項64】 前記光分波合波器は、アレイ導波路回折格子型またはファイバグレーティング型であることを特徴とする請求項63記載の光レベル調整装置。

【請求項65】 前記光減衰器は、光可変減衰器または光固定減衰器のいずれかであることを特徴とする請求項63記載の光レベル調整装置。

【請求項66】 前記光分岐結合器は、光分岐器、光結合器、光分岐結合器のいずれかであることを特徴とする請求項63記載の光レベル調整装置。

【請求項67】 前記光減衰器に代えて、光増幅器を設けたことを特徴とする請求項63記載の光レベル調整装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光中継増幅装置及び光レベル調整装置に関し、特に、中継点において電気信号に変換することなく波長多重の光伝送を行うに好適な光中継増幅装置及び光レベル調整装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】光伝送系においては、光信号を中継局で電気信号に変換することなく光のまま信号増幅することは、中継局の規模を小さくすることができ、通信の低コスト化に大きく貢献する。特に、エルビウム（Er）添加光ファイバ増幅器（EDFA）に代表される光増幅器の高利得、高出力化により、長距離のファイバ間光伝送が可能になっている。そこで、多段の光中継増幅により、さらなる長距離光伝送の実現が期待されている。

【0003】また、一本のファイバによって波長の異なる光信号を一括伝送する波長多重方式は大容量の光伝送を可能とし、上記した様な光増幅器の登場により長距離・大容量のファイバ間光伝送が可能になってきた。光信号を中継する際、光信号を電気信号に変換することなく光のまま増幅することは、中継局の規模を小さくできると共に通信の低コスト化に大きく貢献する。そして、多段の光中継増幅の採用は、さらなる長距離光伝送の実現が期待できる。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかし、従来の光中継増幅装置によると、以下に述べる問題がある。

（1）中継の際の光増幅器の数が増えるに従い、光増幅器から発生する自然放出光による雑音が蓄積され、受信感度が著しく劣化する。

（2）光増幅器は波長毎に利得が異なるため、多段に接続した場合、波長毎に光レベルが大きく異なる。このため、波長多重光信号を伝送すると、波長毎に光レベルが異なり、これらの光レベルを調整する必要がある。

（3）波長多重数が多い場合、光増幅器の出力限界のために一波当たりの光出力が制限され、伝送距離が短くなる。

【0005】本発明の目的は、自然放出光による雑音を除去することのできる光信号中継増幅装置を提供することにある。

【0006】また、本発明の他の目的は、波長毎に大きく異なる光レベルを調整することが可能な光レベル調整装置を提供することにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】本発明は、上記の目的を達成するため、第1の特徴として、入力光信号を増幅して出力する光増幅器と、前記光増幅器から出力された光信号の内の1波長のみを通過させる光フィルタ手段と、を備えたことを特徴とする光信号中継増幅装置を提供する。

【0008】本発明は、上記の目的を達成するため、第2の特徴として、波長多重された光信号を増幅して出力する光増幅器と、前記光増幅器からの波長多重された光信号をそれぞれの波長に分岐する第1の光分波合波器と、前記第1の光分波合波器からの複数の光信号を個別に通過させる複数の光伝送路と、前記複数の光伝送路からの光信号を結合して波長多重光信号を出力する第2の光分波合波器と、を備えたことを特徴とする光信号中継増幅装置を提供する。

【0009】本発明は、上記の目的を達成するため、第3の特徴として、波長多重光信号を増幅して出力する光増幅器と、前記光増幅器または入力側から入力ポートに入力された波長多重光信号を入出力ポートへ通過させ、前記入出力ポートからの波長多重光信号は出力ポートへ出力する光サーキュレータと、前記光サーキュレータからの波長多重光信号を分波して出力すると共に、分波側からの各波長の光信号を結合して波長多重光信号として出力する光分波合波器と、前記光分波合波器により分波された光信号のそれぞれを個別に伝送する複数の光伝送路と、前記複数の光伝送路からの光信号を個別に反射させて往路に戻す複数の光反射ミラーと、を備えたことを特徴とする光信号中継増幅装置を提供する。

【0010】本発明は、上記の目的を達成するため、第4の特徴として、波長多重光信号を増幅して出力する光増幅器と、前記光増幅器または入力側からの波長多重光信号を分波して出力すると共に、分波側からの各波長の光信号を結合して波長多重光信号として出力する光分波合波器と、前記光分波合波器で分波された各波長の光信号を個別に伝送する複数の光伝送路と、前記光伝送路を通過してきた光信号を他の波長に重複することなく異なる光伝送路を迂回して前記光分波合波器に入力させる光分岐結合手段と、を備えたことを特徴とする光信号中継増幅装置を提供する。

【0011】本発明は、上記の目的を達成するため、第5の特徴として、波長多重された光信号を増幅して出力する光増幅器と、前記光増幅器からの波長多重された光信号をそれぞれの波長に分波する第1の光分波合波器

と、前記第1の光分波合波器からの複数の光信号を個別に通過させる複数の光フィルタと、前記複数の光フィルタからの光信号を結合して波長多重光信号を出力する第2の光分波合波器と、を備えたことを特徴とする光信号中継増幅装置を提供する。

【0012】本発明は、上記の目的を達成するため、第6の特徴として、波長多重された光信号をそれぞれの波長に分波する光分岐器と、前記光分岐器からの複数の光信号を個別に通過させる複数の光フィルタと、前記複数の光フィルタからの光信号を結合して波長多重光信号を出力する光結合器と、を備えたことを特徴とする光信号中継増幅装置を提供する。

【0013】本発明は、上記の目的を達成するため、第7の特徴として、波長多重光信号を増幅して出力する光増幅器と、前記光増幅器または入力側から入力ポートに入力された波長多重光信号を入出力ポートへ通過させ、前記入出力ポートからの波長多重光信号は出力ポートへ出力する光サーキュレータと、前記光サーキュレータからの波長多重光信号を分波して出力すると共に、分波側からの各波長の光信号を結合して波長多重光信号として出力する光分波合波器と、前記光分波合波器により分波された光信号のそれぞれを個別に伝送する複数の光フィルタと、前記複数の光フィルタからの光信号を個別に反射させて往路に戻す複数の光反射ミラーと、を備えたことを特徴とする光信号中継増幅装置を提供する。

【0014】本発明は、上記の目的を達成するため、第8の特徴として、入力側から入力ポートに入力された波長多重光信号を入出力ポートへ通過させ、前記入出力ポートからの波長多重光信号は出力ポートへ出力する光サーキュレータと、前記光サーキュレータからの波長多重光信号を分波して出力すると共に、分波側からの各波長の光信号を結合して波長多重光信号として出力する光分岐結合器と、前記光分岐結合器により分波された光信号のそれぞれを個別に伝送する複数の光フィルタと、前記複数の光フィルタからの光信号を個別に反射させて往路に戻す複数の光反射ミラーと、を備えたことを特徴とする光信号中継増幅装置を提供する。

【0015】本発明は、上記の目的を達成するため、第9の特徴として、波長多重光信号を増幅して出力する光増幅器と、前記光増幅器または入力側からの波長多重光信号を分波して出力すると共に、分波側からの各波長の光信号を結合して波長多重光信号として出力する光分波合波器と、前記光分波合波器で分波された各波長の光信号を個別に伝送する複数の光フィルタと、前記光フィルタを通過してきた光信号を他の波長に重複することなく異なる光伝送路を迂回して前記光分波合波器に入力させる光分岐結合手段と、を備えたことを特徴とする光信号中継増幅装置を提供する。

【0016】本発明は、上記の目的を達成するため、第10の特徴として、波長多重された入力光信号を異なる

各波長に分波する光分波手段と、前記光分波手段の出力端のそれぞれに導出された異なる波長の複数の光信号を個別に減衰させる複数の光減衰器と、前記複数の光減衰器により減衰された複数の光信号を合波し、波長多重光信号として出力する光合波手段と、を備えたことを特徴とする光レベル調整装置を提供する。

【0017】本発明は、上記の目的を達成するため、第11の特徴として、波長多重された入力光信号を入出力ポートへ通過させると共に後段からの波長多重光信号を前記入出力ポートとは異なるポートに出力する光サーキュレータと、前記光サーキュレータの前記入出力ポートからの波長多重光信号を複数の異なる波長に分波して出力すると共に、戻されてきた前記複数の異なる波長の光信号を結合させて波長多重光信号として出力する光分波合波器と、前記光分波合波器の出力端のそれぞれに導出された異なる波長の複数の光信号を個別に減衰させる複数の光減衰器と、前記複数の光減衰器からの光信号のそれぞれを反射させ、通過してきた光減衰器を介して前記光分波合波器へ戻す複数の光反射ミラーと、を備えたことを特徴とする光レベル調整装置を提供する。

【0018】本発明は、上記の目的を達成するため、第12の特徴として、波長多重された光信号を複数の異なる波長に分波して出力すると共に、戻されてきた前記複数の異なる波長の光信号を結合させて波長多重光信号として出力する光分波合波器と、前記光分波合波器の入出力端のそれぞれに接続された複数の光伝送路と、前記光伝送路を通過してきた光信号を他の波長に重複することなく異なる光伝送路を迂回して前記光分波合波器に入力させる光分岐結合手段と、前記分岐結合手段の前記光伝送路間に設けられて、通過する光信号を減衰させる複数の光減衰器と、を備えたことを特徴とする光レベル調整装置を提供する。

【0019】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を図面に基づいて説明する。

【0020】（第1の実施の形態）図1は、本発明に係る光信号中継増幅装置の第1の実施の形態を示す。

【0021】複数の異なる波長（例えば、 $1548\text{ nm} = \lambda_1$ 、 $1550\text{ nm} = \lambda_2$ 、 $1552\text{ nm} = \lambda_3$ 、 $1554\text{ nm} = \lambda_4$ 、であり、以下、後述の全ての実施の形態において、特に指定しない限り同じ波長値とする）の信号が多重伝送されている光伝送路101には、光増幅器110が接続され、この光増幅器110には光分波器120が接続されている。光分波器120は、アレイ導波路回折格子型光分波器に代表されるもので、前記複数の異なる波長のそれぞれを信号通過域の中心にした光信号に分岐する。光分波器120の4つの出力端には、光伝送手段としての光伝送路131、132、133、134が接続され、その各終端には光伝送路131～134から出力された光信号を合波するための光合波器14



0が接続されている。光合波器140の出力端には光伝送路102が接続されている。

【0022】光増幅器110には、半導体光増幅器または不純物添加光ファイバ増幅器を用いることが好ましく、特に、エルビウム添加光ファイバ増幅器、ネオジム添加光ファイバ増幅器、プラセオジム添加光ファイバ増幅器等の希土類添加光ファイバ増幅器が好適である。また、光分波器120及び光合波器140は、アレイ導波路回折格子型のほか、狭義の光分波合波器を用いることができる。

【0023】図1の構成において、光伝送路101からの光信号は光増幅器110によって増幅された後、光分波器120によって各波長( $\lambda_1 \sim \lambda_4$ )毎に分波され、それぞれ光伝送路131~134に出力される。光フィルタ機能を有した光分波器120では、光増幅器110の自然放出光雑音と、上記4波長( $\lambda_1 \sim \lambda_4$ )以外の波長の光信号が取り除かれる。したがって、光伝送路131~134の各々には、ただ一つの波長の光信号のみが存在する。光伝送路131~134のそれぞれを通過した光信号は、光合波器140により合波され、波長多重光信号として光伝送路102へ出力される。

【0024】図1の光信号中継増幅装置によれば、出力された波長多重光信号の雑音成分は極めて小さく、伝送後の受信感度劣化量を著しく改善することができる。したがって、中継距離を延ばすことができ、光伝送のコストを低減させることができる。また、電気信号に変換せずに光信号のままで中継することが可能なため、中継施設の簡素化を図ることができ、コストダウンが可能になる。

【0025】さらに、光分波器120と光合波器140をアレイ導波路回折格子型を用いることにより、狭帯域幅の光透過性(光フィルタ機能)を得ることができ、高密度の波長多重光信号を分波(または合波)することができる。また、高密度の波長多重光信号に対応するために光伝送コストが大幅に低下し、且つ温度制御が容易になる。

【0026】(第2の実施の形態)図2は、本発明に係る光信号中継増幅装置の第2の実施の形態を示す。図中、図1と同一または同一用途のものには同一引用数字を用いている。

【0027】光伝送路101には、上記した4つの波長の光信号が波長多重されている。この光伝送路101には、光伝送路103に接続された入出力ポート(入出力端)と光伝送路102に接続された1つの出力ポート

(出力端)を有する光サーキュレータ160が接続されている。その出力端103には、上記各波長の光信号を出力する4つの出力端を備えた光分合波器170が接続されている。光分合波器170の出力端のそれぞれには、光伝送路131~134が接続され、それぞれの終端には光反射ミラー151、152、153、154が

接続されている。光分合波器170には、アレイ導波路回折格子型光分合波器が適している。

【0028】図2において、光伝送路101の波長多重された光信号は、光増幅器110によって増幅された後、光サーキュレータ160を通過して光分波合波器としての光分合波器170に入力される。光分合波器170では、 $\lambda_1 \sim \lambda_4$ の各波長に分波され、それぞれ単独に光伝送路131~134に出力される。光フィルタ機能を備えた光分合波器170では、光増幅器110の自然放出光雑音と上記4波長( $\lambda_1 \sim \lambda_4$ )以外の波長の光信号が取り除かれ、この光信号が光伝送路131~134に出力されるため、光伝送路131~134の各々には、ただ一つの波長の光信号のみが存在している。

【0029】光伝送路131~134の各出力端には反射ミラー151~154が接続されているため、光伝送路131~134を伝送した光信号のそれぞれは、反射ミラー151~154により反射した後、再び光伝送路131~134を逆方向に伝送して光分合波器170に入力する。光分合波器170では光伝送路131~134からの光信号が合波され、これが波長多重光信号になる。この波長多重された光信号は光サーキュレータ160に入り、さらに出力ポートに接続された光伝送路102から出力される。

【0030】図2の光信号中継増幅装置においても、光伝送路102に出力された波長多重光信号の雑音成分は極めて小さく、したがって、伝送後の受信感度劣化量を著しく改善することができる。また、光分合波器170をアレイ導波路回折格子型光分合波器にすることで狭帯域幅の光透過性が得られ、1つの光分合波器で高密度の波長多重光信号を分波・合波することができる。また、高密度の波長多重光信号に対応することができるので、光伝送に要するコストを大幅に低減できるほか、温度制御が容易になり、かつ経済的になる。さらに、反射ミラー151~154を用いたことで構成が簡単になり、かつ安価に構成することができる。

【0031】(第3の実施の形態)図3は、本発明に係る光信号中継増幅装置の第3の実施の形態を示す。図中、図1及び図2と同一または同一用途のものには同一引用数字を用いている。

【0032】光伝送路1には光増幅器110が接続され、この光増幅器110には光分合波器170が接続されている。この光分合波器170の4つの出力端のそれぞれには、光伝送路131~134が接続されている。光伝送路131~134の終端部のそれぞれには光分岐(光分岐器)141、142、143、144が接続されている。さらに、光分岐143と144の間は光伝送路145で接続され、光分岐144と141の間は光分岐146で接続され、光分岐141と142の間は光伝送路147で接続され、光分岐142と143の間は光伝送路148で接続されている。

10

20

30

40

50

【0033】図3の構成において、光伝送路110の波長多重された光信号は、光増幅器110で増幅される。光増幅器110の増幅出力は、光分合波器170によって分波される。このとき、光分合波器170では、光増幅器110の自然放出光雑音と上記4波長( $\lambda_1 \sim \lambda_4$ )以外の波長の光信号が取り除かれる。光分合波器170で分波された各波長の光信号は、個別に光伝送路131~134を伝送した後、光分岐141~144に到達する。

【0034】光伝送路131を通過した波長1548nmの光信号は、光分岐144を介して光伝送路132に回り、この光伝送路132を経由して再び光分合波器170に入力される。光伝送路132~134を通過する他の波長の光信号についても、同様に光分合波器170に入力される。光分合波器170に入力された各光信号は合波されて波長多重光信号となり、光伝送路102へ出力される。

【0035】図3の光信号中継増幅装置においても、出力された波長多重光信号の雑音成分は極めて小さくなる。したがって、伝送後の受信感度劣化量を著しく改善することができる。

【0036】(第4の実施の形態)図4は、本発明に係る光信号中継増幅装置の第4の実施の形態を示す。図中、図1と同一または同一用途のものには同一引用数字を用いている。

【0037】図4の光信号中継増幅装置は、図1の構成にあって、第2の光増幅器180を光合波器140の出力側に設けた構成になっている。他の構成は、図1で説明した通りである。

【0038】光伝送路110を伝送されてきた波長多重光信号は、光増幅器110によって増幅された後、光分波器120で上記した4波長( $\lambda_1 \sim \lambda_4$ )のそれぞれに分波され、個別に光伝送路131~134に出力される。光分波器120においては、光増幅器110の自然放出光雑音と上記4波長( $\lambda_1 \sim \lambda_4$ )以外の波長の光信号が取り除かれる。したがって、光伝送路131~134の各々には、ただ一つの波長の光のみが存在している。光伝送路131~134を通過した各光信号は、光合波器140によって合波され、波長多重光信号になる。この波長多重光信号は、光増幅器180によって2度目の増幅が施され、光伝送路102に出力される。

【0039】図4の光信号中継増幅装置においても、出力される波長多重光信号の雑音成分は極めて小さく、伝送後の受信感度劣化量を著しく改善することができる。そして、第2の光増幅器である光増幅器180によって再度増幅を行っているため、十分なレベルの波長多重光信号出力を得ることができる。

【0040】(第5の実施の形態)図5は、本発明に係る光信号中継増幅装置の第5の実施の形態を示す。図中、図2と同一または同一用途のものには同一引用数字

を用いている。この実施の形態は、図2の光サーキュレータ160の出力側に第2の増幅器である光増幅器180を設けた構成になっている。他の構成は図2で説明した通りであるので、重複する説明を省略する。

【0041】この構成では、光分波器120によって自然放出光雑音と上記4つの波長( $\lambda_1 \sim \lambda_4$ )以外の波長の光信号が取り除かれ、さらに、光サーキュレータ160の後段に光増幅器180を設けて波長多重光信号に再度の増幅が施されるので、光サーキュレータ160から出力された波長多重光信号の雑音成分は極めて小さくなり、伝送後の受信感度劣化量を著しく改善されるほか、十分な光信号レベルの波長多重信号出力を得ることができる。

【0042】(第6の実施の形態)図6は、本発明に係る光信号中継増幅装置の第6の実施の形態を示す。図中、図3と同一または同一用途のものには同一引用数字を用いている。この実施の形態は、図3の光分合波器170の出力側に第2の光増幅器180を設けた構成になっている。したがって、全体的な動作は図3で説明しているもので、ここでは重複する説明を省略する。

【0043】この場合も、光分合波器170において、光増幅器110の自然放出光雑音と上記4つの波長( $\lambda_1 \sim \lambda_4$ )以外の波長の光信号が取り除かれる。例えば、光伝送路131を通過した波長1548nmの光信号は、光分岐144を経由して光伝送路132に回り、この光伝送路132を通過して再び光分合波器170に入力される。光伝送路132~134を通過する他の波長の光信号も同様に光分合波器170に入力される。光分合波器170に入力された各光信号は、合波されて波長多重光信号となった後、光増幅器180により再び増幅され、光伝送路102に出力される。

【0044】この光信号中継増幅装置においても、光分合波器170から出力される波長多重光信号の雑音成分は極めて小さく、伝送後の受信感度劣化量を著しく改善することができる。また、十分なレベルの波長多重信号出力を得ることができる。

【0045】(第7の実施の形態)図7は、本発明に係る光信号中継増幅装置の第7の実施の形態を示す。図中、図1及び図4と同一または同一用途のものには同一引用数字を用いている。この実施の形態は、図1の光増幅器110を光合波器140の出力段に移設した構成になっている。したがって、全体的な動作は図3で説明しているもので、ここでは重複する説明を省略する。

【0046】この場合、光増幅器110が出力側に設けられているので、光増幅器110による自然放出光雑音の影響は現れない。したがって、図7の光信号中継増幅装置においては、入力時に含んでいた自然放出光雑音と上記した4つの波長( $\lambda_1 \sim \lambda_4$ )以外の波長の光信号が、光合波器140を通過する間に取り除かれる。すなわち、光伝送路131~134の各々には、ただ一つの

波長の光信号のみが存在する。光伝送路131~134のそれぞれを通過した光信号は、光合波器140で合波されて波長多重光信号になり、さらに光増幅器110で増幅された後、光伝送路102へ出力される。なお、光増幅器110により生じた自然放出光雑音は、次段に設けられ上記各実施の形態の構成による光信号中継増幅装置において除去される。

【0047】図7の光信号中継増幅装置においても、出力される波長多重光信号の雑音成分を低減できるので、伝送後の受信感度劣化量を著しく改善することができる。

【0048】(第8の実施の形態)図8は、本発明に係る光信号中継増幅装置の第8の実施の形態を示す。図中、図2及び図5と同一または同一用途のものには同一引用数字を用いている。この実施の形態は、図2の光増幅器110を光サーキュレータ160の出力段に移設した構成にしている。したがって、全体的な動作は図2で説明しているので、ここでは重複する説明を省略する。

【0049】この構成においても、光増幅器110が出力側に設けられているので、光増幅器110による自然放出光雑音の影響は現れない。したがって、入力時に含んでいた自然放出光雑音と上記した4つの波長( $\lambda_1 \sim \lambda_4$ )以外の波長の光信号が光分合波器170を入出力する間に取り除かれる。この結果、光伝送路131~134の各々には、ただ一つの波長の光のみが存在している。光伝送路131~134のそれぞれを通過した光信号は、光反射ミラ151~154によりそれぞれ反射し、これら反射した各光信号は光伝送路131~134を逆方向に伝送し、再び光分合波器170に入力する。光分合波器170は光伝送路131~134からの各光信号を合波し、波長多重光信号を生成する。波長多重された光信号は、光分合波器170に接続された光サーキュレータ160を通過し、光増幅器110により増幅された後、光伝送路102へ出力される。この場合も、光増幅器110により生じた自然放出光雑音は、次段に設けられ上記各実施の形態の構成による光信号中継増幅装置において除去される。

【0050】図8の光信号中継増幅装置においても、出力される波長多重光信号の雑音成分を低減できるので、伝送後の受信感度劣化量を著しく改善することができる。

【0051】(第9の実施の形態)図9は、本発明に係る光信号中継増幅装置の第9の実施の形態を示す。図中、図3及び図6と同一または同一用途のものには同一引用数字を用いている。この実施の形態は、図3の光増幅器110を光分合波器170の出力側に移設した構成にしている。したがって、全体的な動作は図3で説明しているので、ここでは重複する説明を省略する。

【0052】この構成は、光増幅器110が出力側に設けられているので、光増幅器110による自然放出光雑

音の影響は現れない。よって、入力時に含んでいた自然放出光雑音と、上記した4波長( $\lambda_1 \sim \lambda_4$ )以外の波長の光信号が光分合波器170を往復する間に取り除かれる。したがって、光伝送路131~134のそれぞれにはただ一つの波長の光のみが存在している。光伝送路131~134のそれぞれを通過して終端部に到着した光信号は、光分岐141~144の内の接続された一つを通して隣接の光伝送路に回り、光分合波器170に戻される。光分合波器170は、光伝送路131~134からの各光信号を合波して波長多重光信号を生成し、これを光増幅器110へ出力する。光増幅器110は光分合波器170からの光信号を増幅した後、これを光伝送路102へ出力する。

【0053】図9の光信号中継増幅装置では、出力される波長多重光信号の雑音成分を低減できるので、伝送後の受信感度劣化量を著しく改善することができる。

【0054】(第10の実施の形態)図10は、本発明に係る光信号中継増幅装置の第10の実施の形態を示す。光伝送路110には光増幅器110が接続され、この光増幅器110には光分岐190(光分岐器)が接続されている。光分岐190には光伝送路131~134が接続され、それぞれの途中には上記した4つの波長( $\lambda_1 \sim \lambda_4$ )のそれぞれに対応した波長域のみを通過させる光フィルタ(光フィルタ手段)としてのバンドパス光フィルタ201, 202, 203, 204が設けられている。光伝送路131~134の終端部には光分岐210(光結合器)が接続され、この光分岐210には光伝送路102が接続されている。

【0055】光伝送路101からの波長多重された光信号は、光増幅器110で増幅された後、光分岐190に入力され、個別に光伝送路131~134へ出力される。光伝送路131~134では、バンドパス光フィルタ201~204により光増幅器110の自然放出光雑音と上記4波長( $\lambda_1 \sim \lambda_4$ )以外の波長の光信号が取り除かれる。この結果、バンドパス光フィルタ201~204を通過後の光伝送路131~134のそれぞれには、ただ一つの波長の光信号のみが存在している。光伝送路131~134のそれぞれの出力光信号は、光分岐210により合波されて波長多重光信号となり、光伝送路102へ出力される。この構成では、光分岐190が光分岐器(または光分波器)として動作し、光分岐210は光結合器として動作している。

【0056】図10の光信号中継増幅装置は、出力された波長多重光信号の雑音成分が極めて小さくなるので、伝送後の受信感度劣化量を著しく改善することができる。

【0057】なお、光増幅器110は、光分岐210の出力側に設けてもよく、また、光増幅器110とは別に第2の光増幅器を光分岐210の出力側に設けてもよい。

10

20

30

40

50

【0058】(第11の実施の形態)図11は、本発明に係る光信号中継増幅装置の第11の実施の形態を示す。図中、図2と同一または同一用途のものには同一引用数字を用いている。本実施の形態は、図2の構成における光伝送路131~134のそれぞれに図10に示したバンドパス光フィルタ201~204を挿入した構成にしている。ここでは、光分岐190が光分岐結合器として動作している。

【0059】図11においては、バンドパス光フィルタ201~204により光増幅器110の自然放出光雑音と上記4波長( $\lambda_1 \sim \lambda_4$ )以外の波長の光信号が取り除かれる。つまり、バンドパス光フィルタ201~204の出力側の光伝送路131~134のそれぞれには、1つの波長の光信号のみが存在している。

【0060】光伝送路131~134の出力側には光反射ミラー151~154が接続されているため、反射ミラー151~154により反射した各光信号は、光伝送路131~134を逆方向から伝送して光分岐190に入力され、結合(合波)されて波長多重光信号となる。この波長多重された光信号は、光サーキュレータ160の入出力ポートから出力ポートに回り、光伝送路102へ出力される。

【0061】図11の光信号中継増幅装置においても、出力された波長多重光信号の雑音成分は極めて小さくなるので、伝送後の受信感度劣化量を著しく改善することができる。

【0062】なお、図11の構成においては、図8に示したように、光増幅器110を光サーキュレータ160の出力側に設けることもできる。また、図5に示したように、光増幅器110のほかにも、第2の光増幅器を光サーキュレータ160の出力側に設けてもよい。

【0063】(第12の実施の形態)図12は、本発明に係る光信号中継増幅装置の第12の実施の形態を示す。図中、図3及び図10と同一または同一用途のものには同一引用数字を用いていたので、重複する説明は省略する。

【0064】本実施の形態は、図3の光分合波器170を光分岐(光分岐器)190に代え、光伝送路146内にバンドパス光フィルタ201、光伝送路147内にバンドパス光フィルタ202、光伝送路148内にバンドパス光フィルタ203、光伝送路145内にバンドパス光フィルタ204を設けた構成にしている。

【0065】光分岐190を経て光伝送路131~134に導入された各光信号は、光伝送路145~148のそれぞれに設けたバンドパス光フィルタ201~204によって光増幅器110の自然放出光雑音と上記4波長以外の波長の光信号が取り除かれる。例えば、光伝送路131を通過した波長1548nmの光信号は、光分岐144、141、及びバンドパス光フィルタ201によって接続された光伝送路132を経由して光分岐190

に入力される。

【0066】光伝送路132~134を通過する他の波長の光信号も同様にして光分岐190に入力される。光分岐190に入力された各光信号は、結合されて波長多重光信号となり、光伝送路102へ出力される。

【0067】図12の光レベル調整装置によれば、出力された波長多重光信号の雑音成分は極めて小さくなるので、伝送後の受信感度劣化量を著しく改善することができる。

【0068】次に、上記実施の形態で用いられた光分波器120及び光合波器140の詳細構成について説明する。

【0069】図13は、上記実施の形態に用いた光分波器120の詳細構成を示す。

【0070】光分波器120は、光伝送路1000、1001~1004、光アイソレータ1100、光分岐(光分岐器)1200、光サーキュレータ1301、1302、ファイバグレーティング1401~1406からなる。

【0071】光伝送路1000には、複数の光信号( $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4$ )が波長多重されている。光伝送路1000からの波長多重光信号は、光アイソレータ1100を通過して、光分岐1200により2方向に分離される。例えば、第1の波長( $\lambda_1$ )の信号はファイバグレーティング1402、1404、光サーキュレータ1301、及びファイバグレーティング1405を通過して光伝送路1001へ出力される。しかし、第2の波長( $\lambda_2$ )の信号は、ファイバグレーティング1402で反射するため、光伝送路1001、1002には出力されない。また、第3の波長( $\lambda_3$ )の信号は、ファイバグレーティング1402、1404、及び光サーキュレータ1301を通過後にファイバグレーティング1405で反射し、再び光サーキュレータ1301の入出力ポートに入り、出力ポートから光伝送路1002へ出力される。他の波長 $\lambda_4, \lambda_1$ についても、同様にして波長多重光の分波が可能になる。

【0072】図14は光合波器140の詳細構成を示す。

【0073】光合波器140は、光伝送路2000、2001~2004、光アイソレータ2100、光分岐2200、光サーキュレータ2301、2302、ファイバグレーティング2401~2406からなる。

【0074】光伝送路2001に入力された第1の波長( $\lambda_1$ )の光信号はファイバグレーティング2405、光サーキュレータ2301の入出力ポート、光サーキュレータ2301の出力ポート、ファイバグレーティング2404、2402、光分岐2200を通過して光伝送路2000に出力される。また、光伝送路2002に入力された第3の波長( $\lambda_3$ )の光信号は、光サーキュレータ2301の入力ポートから同入出力ポートを回って

光伝送路 2001 に出力され、ファイバグレーティング 2405 で反射した後、再び光サーキュレータ 2301、ファイバグレーティング 2404、2402、光分岐 2200 を順次通過して光伝送路 2000 へ出力する。他の波長  $\lambda_2, \lambda_3$  についても、同様にして波長多重光の合波が可能になる。

【0075】図 14 の構成により、アレイ導波路回折格子を使った光合波器よりも更に密に波長多重された光信号の分離が可能のため、大容量の光伝送が可能になる。ここでは、なお、アレイ導波路回折格子型と区別するために、以下においては、図 13 と図 14 に示した光分波器及び光合波器をファイバグレーティング型と称する。

【0076】(第 13 の実施の形態) 図 15 は、本発明に係る光信号中継増幅装置の第 13 の実施の形態を示す。

【0077】本実施の形態は、図 1 の構成にあって、その光分波器 120 をファイバグレーティング型光分波器 220 に代え、同様に光合波器 140 をファイバグレーティング型光合波器 230 に代えた構成にしている。他の構成は図 1 で説明した通りである。ファイバグレーティング型光分波器 220 は図 13 に示した構成を有し、ファイバグレーティング型光合波器 230 は図 14 に示した構成を有している。また、図 1 で説明したように、光増幅器 110 には、半導体光増幅器、不純物添加光ファイバ増幅器等を用いることができる。

【0078】光伝送路 101 には、上記した 4 つの波長 ( $\lambda_1 \sim \lambda_4$ ) の光信号が波長多重されている。これらの光信号は光増幅器 110 で増幅後、ファイバグレーティング型光分波器 220 に入力され、各波長毎に分波された後、それぞれ異なる光伝送路 131 ~ 134 に出力される。

【0079】ファイバグレーティング型光分波器 220 では、光増幅器 110 の自然放出光雑音と上記 4 波長 ( $\lambda_1 \sim \lambda_4$ ) 以外の波長の光信号が取り除かれ、光伝送路 131 ~ 134 のそれぞれにはただ一つの波長の光信号のみが存在している。

【0080】図 15 の光信号中継増幅装置によれば、出力された波長多重光信号の雑音成分を極めて小さくできるので、伝送後の受信感度劣化量を著しく改善することができる。この結果、中継距離を延ばせ、光伝送のコストを低減することができる。また、電気信号に変換せずに光信号のまま中継できるので、中継施設を簡素化でき、よってコストダウンが可能になる。

【0081】また、光分波器 (220) と光合波器 (230) を共にファイバグレーティング型にしたので、狭帯域幅の光透過性を得ることができ、高密度の波長多重光信号の分波 (または合波) が可能なる。さらに、高密度の波長多重光信号に対応することができるので、光伝送のコストが大幅に低減されるとともに、温度制御が容

易になるほか、経済性が向上する。

【0082】(第 14 の実施の形態) 図 16 は、本発明に係る光信号中継増幅装置の第 14 の実施の形態を示す。

【0083】本実施の形態は、図 2 にあって、その光分合波器 170 をファイバグレーティング型光分合波器 240 に代えた構成にしている。他の構成は図 2 で説明した通りである。

【0084】ファイバグレーティング型光分合波器 240 は、光サーキュレータ 160 からの波長多重光を各波長 ( $\lambda_1 \sim \lambda_4$ ) に分波し、それぞれを異なる光伝送路 131 ~ 134 へ出力する。ファイバグレーティング型光分合波器 240 は光フィルタ機能を備えているので、光増幅器 110 の自然放出光雑音と上記 4 波長 ( $\lambda_1 \sim \lambda_4$ ) 以外の波長の光信号が取り除かれる。

【0085】図 16 の光信号中継増幅装置によれば、出力された波長多重光信号の雑音成分が極めて小さくなる結果、伝送後の受信感度劣化量は著しく改善される。また、光分合波器 (240) をファイバグレーティング型にしたので、狭帯域幅の光透過性が得られるほか、高密度の波長多重光信号の分波と合波を一個で済ませることができる。また、高密度の波長多重光信号に対応することができるので、光伝送のコストを大幅に低下させると共に、温度制御が容易になりかつ経済的である。さらに、光反射ミラー 151 ~ 154 を用いたことにより構成が簡単になり、しかも安価にできる。

【0086】(第 15 の実施の形態) 図 17 は、本発明に係る光信号中継増幅装置の第 15 の実施の形態を示す。

【0087】本実施の形態は、図 3 にあって、その光分合波器 170 をファイバグレーティング型光分合波器 240 に代えた構成にしている。他の構成は図 3 で説明した通りである。

【0088】ファイバグレーティング型光分合波器 240 では、光増幅器 110 の自然放出光雑音と上記した 4 波長 ( $\lambda_1 \sim \lambda_4$ ) 以外の波長の光信号が取り除かれる。この後、例えば、光伝送路 131 を通過した光信号は、光分岐 141 → 光伝送路 132 → の経路で再び光分合波器 240 に入力する。同様にして、光伝送路 132 ~ 134 を通過する他の波長の光信号もファイバグレーティング型光分合波器 240 に入力する。ファイバグレーティング型光分合波器 240 は、光伝送路 131 ~ 134 からの各光信号を合波し、波長多重光信号にして光伝送路 102 へ出力する。

【0089】図 17 の光信号中継増幅装置においても、出力された波長多重光信号の雑音成分が極めて小さくなる結果、伝送後の受信感度劣化量は著しく改善される。

【0090】(第 16 の実施の形態) 図 18 は、本発明に係る光信号中継増幅装置の第 16 の実施の形態を示す。

【0091】本実施の形態は、図4にあって、その光分波器120に代えてファイバグレーティング型光分波器220を用い、光合波器140に代えてファイバグレーティング型光合波器230を用いた構成にしている。他の構成は図4で説明した通りである。

【0092】ファイバグレーティング型光分波器220では、光増幅器110の自然放出光雑音と上記した4波長( $\lambda_1 \sim \lambda_4$ )以外の波長の光信号が取り除かれる。光伝送路131~134を通過した光信号は、ファイバグレーティング型光合波器230により合波されて波長多重光信号となり、光増幅器180により再増幅された後、光伝送路102へ出力される。

【0093】図18の光信号中継増幅装置においては、ファイバグレーティング型光合波器230から出力された波長多重光信号の雑音成分は極めて小さくなり、この結果、伝送後の受信感度劣化量が著しく改善される。

【0094】(第17の実施の形態)図19は、本発明に係る光信号中継増幅装置の第17の実施の形態を示す。

【0095】本実施の形態は、図5にあって、その光分合波器170に代えて、ファイバグレーティング型光分合波器240を用いた構成にしている。他の構成は図5で説明した通りである。

【0096】ファイバグレーティング型光分合波器240では、光増幅器110の自然放出光雑音と上記した4波長( $\lambda_1 \sim \lambda_4$ )以外の波長の光信号が取り除かれる。すなわち、光伝送路131~134のそれぞれには、ただ一つの波長の光信号のみが存在している。

【0097】図19の光信号中継増幅装置においては、出力された波長多重光信号の雑音成分は極めて小さく、伝送後の受信感度劣化量を著しく改善することができる。

【0098】(第18の実施の形態)図20は、本発明に係る光信号中継増幅装置の第18の実施の形態を示す。

【0099】本実施の形態は、図6にあって、その光分合波器170に代えて、ファイバグレーティング型光分合波器240を用いた構成にしている。他の構成は図6で説明した通りである。

【0100】ファイバグレーティング型光分合波器240では、光増幅器110の自然放出光雑音と上記4波長( $\lambda_1 \sim \lambda_4$ )以外の波長の光信号が取り除かれる。ファイバグレーティング型光分合波器240の出力光信号は、図6で説明したように、光伝送路131~134を出た後、光分岐141~144及び他の光伝送路を介してファイバグレーティング型光分合波器240に逆方向から入力し、合波されて波長多重光信号となる。

【0101】図20の光信号中継増幅装置においても、出力された波長多重光信号の雑音成分は極めて小さく、伝送後の受信感度劣化量を著しく改善することができ

る。

【0102】(第19の実施の形態)図21は、本発明に係る光信号中継増幅装置の第19の実施の形態を示す。

【0103】本実施の形態は、図7にあって、その光分波器120に代えてファイバグレーティング型光分波器220を用い、光合波器140に代えてファイバグレーティング型光合波器230を用いた構成にしている。他の構成は図7で説明した通りである。

【0104】ファイバグレーティング型光分波器220では、光増幅器110の自然放出光雑音と上記4波長( $\lambda_1 \sim \lambda_4$ )以外の波長の光信号が取り除かれる。したがって、光伝送路131~134のそれぞれには、ただ一つの波長の光のみが存在している。ファイバグレーティング型光分波器220で分波された各光信号はファイバグレーティング型光合波器230で合波されて波長多重となり、この波長多重された光信号が光増幅器110により増幅された後、光伝送路102へ出力される。

【0105】図21の光信号中継増幅装置においても、出力された波長多重光信号の雑音成分は極めて小さく、伝送後の受信感度劣化量を著しく改善することができる。

【0106】(第20の実施の形態)図22は、本発明に係る光信号中継増幅装置の第20の実施の形態を示す。

【0107】本実施の形態は、図20にあって、出力側の光増幅器180を除去し、その位置に光増幅器110を移設した構成にしている。

【0108】この構成では、入力側に光増幅器が設けられていないので、ファイバグレーティング型光分合波器240による自然放出光雑音の除去は、前段の光信号中継増幅装置の光増幅器のものとなる。さらに、ファイバグレーティング型光分合波器240では、上記4波長( $\lambda_1 \sim \lambda_4$ )以外の波長の光信号が取り除かれる。この結果、光伝送路131~134のそれぞれには、ただ一つの波長の光信号のみが存在している。

【0109】この光信号中継増幅装置においても、出力された波長多重光信号の雑音成分は極めて小さく、伝送後の受信感度劣化量を著しく改善することができる。

【0110】(第21の実施の形態)図23は、本発明に係る光レベル調整装置の第1の実施の形態を示す。以下の光レベル調整装置においては、複数の異なる波長(例えば、 $1548\text{nm} = \lambda_1$ 、 $1550\text{nm} = \lambda_2$ 、 $1552\text{nm} = \lambda_3$ 、 $1554\text{nm} = \lambda_4$ )の信号が光伝送路101に多重伝送されている。

【0111】伝送路101には、光分波器120が接続されている。光分波器120は、アレイ導波路回折格子型光分波器に代表されるもので、前記複数の異なる波長( $\lambda_1 \sim \lambda_4$ )のそれぞれを信号通過域の中心にした光信号に分岐する。光分波器120の4つの出力端には、

光伝送路131、132、133、134が接続され、その各終端部には光伝送路131～134の出力光を合波するための光合波器140が接続されている。この光合波器140の出力端には、光伝送路102が接続されている。さらに、光伝送路131～134のそれぞれには、光減衰器251、252、253、254が挿入されている。

【0112】光分波器120及び光合波器140には、アレイ導波路回折格子型が適している。また、分波器及び光合波器は光分合波器を用いることもできる。更に、光減衰器251～254には、光可変減衰器または光固定減衰器を用いることができる。

【0113】図23において、光伝送路101からの光信号は光分波器120により上記した4波( $\lambda_1 \sim \lambda_4$ )の光信号にそれぞれ分波される。光分波器210では、この光レベル調整装置より前段の光信号中継増幅装置または光レベル調整装置に設けられている光増幅器(不図示)の自然放光雑音と上記4波( $\lambda_1 \sim \lambda_4$ )以外の波長の光信号が取り除かれる。したがって、光伝送路131～134のそれぞれには、ただ一つの波長の光のみが存在している。光伝送路131～134を通過する光信号のそれぞれは、光伝送路131～134に挿入された光減衰器251～254によって個別に減衰され、光信号の相互間或いは個々のレベルが調整される。光伝送路131～134の各終端部を通過した光信号は、光合波器140で合波されて波長多重光信号となり、この波長多重光信号が光伝送路102へ出力される。

【0114】図23の光レベル調整装置によれば、簡単な構成により、出力される波長多重光信号の各波長の光信号の光レベルを光減衰器251～254によって任意の光レベルに設定することが可能になる。

【0115】(第22の実施の形態)図24は、本発明に係る光レベル調整装置の第2の実施の形態を示す。

【0116】光伝送路101には、入力ポート、光伝送路103が接続された入出力ポート、及び光伝送路102が接続された出力ポートの3つのポートを有する光サーキュレータ160が接続されている。その出力端103には、上記各波長( $\lambda_1 \sim \lambda_4$ )の光信号を出力する4つの出力端を備えた光分合波器(光分波合波器)170が接続されている。光分合波器170の出力端のそれぞれには、光伝送路131～134が接続され、それぞれの終端には光反射ミラー151、152、153、154が接続されている。さらに、光伝送路131～134のそれぞれには、光減衰器251～254が挿入されている。光分合波器170には、アレイ導波路回折格子型光分合波器が適している。また、光減衰器251～254には、光可変減衰器または光固定減衰器を用いることができる。

【0117】図24において、光伝送路101の光信号

は、光サーキュレータ160を通過して光分合波器170に入力される。光分合波器170では、上記各波長( $\lambda_1 \sim \lambda_4$ )に分波され、個別に光伝送路131～134に出力される。光分合波器170では、光増幅器110の自然放光雑音と上記4波長( $\lambda_1 \sim \lambda_4$ )以外の波長の光信号が取り除かれる。この結果、光伝送路131～134のそれぞれには、ただ一つの波長の光信号のみが存在している。光伝送路131～134を伝送した光信号のそれぞれは光減衰器251～254によって減衰され、光信号の相互間或いは個々の光強度が調整される。光減衰器251～254を射出した光信号のそれぞれは、反射ミラー151～154により反射した後、光伝送路131～134を逆方向に伝送した後、光分合波器170に入力される。光分合波器170は光伝送路131～134からの各光信号を合波し、波長多重光信号にする。この波長多重された光信号は光サーキュレータ160に入り、その出力ポートに接続された光伝送路102から出力される。

【0118】図24の光レベル調整装置によれば、光サーキュレータ160から出力された波長多重光信号の各波長の光信号は、光減衰器251～254により任意の光レベルに設定できる。したがって、波長毎に光レベルが大きく異なる場合でも、光レベルを調整することが可能になる。

【0119】(第23の実施の形態)図25は、本発明に係る光レベル調整装置の第3の実施の形態を示す。

【0120】光伝送路1には光分合波器170が接続され、この光分合波器170の4つの出力端のそれぞれには、光伝送路131～134が接続されている。この光伝送路131～134の隣接する終端部間には、光分岐144、142、143、141が1つずつ接続されており、光分岐143と144の間には光伝送路145が接続され、光分岐141と144の間には光伝送路146が接続され、光分岐141と142の間には光伝送路147が接続され、光分岐142と143の間には光伝送路148が接続されている。さらに、光分岐141と144の間には光減衰器251、光分岐141と142の間には光減衰器252、光分岐142と143の間には光減衰器253、光分岐143と144の間には光減衰器254が挿入されている。

【0121】図25の構成において、光伝送路110からの光信号は光分合波器170に入力され、上記した4つの各波長( $\lambda_1 \sim \lambda_4$ )に分波される。光分合波器170では、各光信号に含む自然放光雑音と上記4波長( $\lambda_1 \sim \lambda_4$ )以外の波長の光信号を除去する。光分合波器170で分波された各波長の光信号は、個別に光伝送路131～134を伝送し、各光信号には光減衰器251～254によって所定の減衰が施される。例えば、光伝送路131を通過した波長1548nmの光信号は、光減衰器251で減衰の後、光分岐141を介して



光伝送路132に回り、この光伝送路132を経由して光分合波器170に入力される。同様に、光伝送路132~134を通過する他の波長の光信号も光分合波器170に入力される。光分合波器170に入力された各光信号は合波されて波長多重光信号となり、光伝送路102へ出力される。

【0122】図25の光レベル調整装置においても、出力される波長多重光信号の各波長の光信号の光レベルを任意の光レベルに設定することができる。

【0123】(第24の実施の形態)図26は本発明による光信号中継増幅装置の第21の実施の形態を示す。

【0124】本実施の形態は、図1にあって、光伝送路131~134のそれぞれに光増幅器261、262、263、264を挿入した構成になっている。他の構成は図1に示した通りである。

【0125】光伝送路101からの光信号は、光分波器120によって分波された後、光伝送路131~134へ出力される。例えば、光伝送路131に出力された1548nmの光信号は光増幅器261によって増幅された後、光合波器140に入力される。この光合波器140によって、前段の光信号中継増幅装置または光レベル調整装置に含まれる光増幅器の自然放出光雑音と4波長( $\lambda_1 \sim \lambda_4$ )以外の波長が取り除かれる。他の波長の光が流れる光伝送路132~134も同様に処理される。

【0126】図26の光レベル調整装置によれば、光伝送路131~134のそれぞれに光増幅器261~264が設けられているため、波長多重光を一括増幅する構成の前記実施の形態に比べ、波長多重後のトータル出力パワーが大きくなり、しかも、光レベルの等価が可能になる。また、光増幅器から発生する自然放出光雑音は、増幅器が多段に接続するにつれ雑音の蓄積となり、受信感度が著しく劣化するが、光増幅器の後方に配置した狭透過帯域幅の光合波器140が光フィルタとして作用するため、光増幅器261~264の自然放出光雑音を取り除くことが可能となり、受信感度劣化の少ない光伝達が達成される。

【0127】(第25の実施の形態)図27は本発明による光信号中継増幅装置の第22の実施の形態を示す。

【0128】本実施の形態は、図2にあって、光増幅器110を除去し、光伝送路131~134のそれぞれに光増幅器261、262、263、264を挿入した構成になっている。他の構成は図2で説明した通りである。

【0129】光サーキュレータ160を通過した光信号は、光分合波器170によって分波され、それぞれが個別に光伝送路131~134へ出力される。これにより、光伝送路131~134のそれぞれには、ただ一つの波長の光のみが存在している。例えば、光伝送路131に出力された1548nmの光信号は、光増幅器26

1によって光増幅された後、光反射ミラー151で反射し、光増幅器261により再増幅された後、光分合波器170に入力する。光分合波器170により光増幅器261の自然放出光雑音と上記4波長( $\lambda_1 \sim \lambda_4$ )以外の波長が取り除かれる。他の波長の光の処理も同様に行われる。

【0130】この構成においても、光伝送路131~134のそれぞれに光増幅器261~264が挿入されているので、波長多重光を一括増幅する構成の前記実施の形態に比べ、波長多重後のトータル出力パワーが大きくなり、しかも、光レベル等価が可能である。また、光合波器140が光フィルタとして機能するため、自然放出光雑音を取り除くことが可能となり、受信感度劣化の少ない光伝達が達成される。

【0131】(第26の実施の形態)図28は本発明による光信号中継増幅装置の第23の実施の形態を示す。図中、上記各実施の形態で用いたのと同一であるものには同一引用数字を用いている。

【0132】光伝送路101、102が接続された光分合波器170の分波側の端子のそれぞれには、光伝送路131~134が接続されている。光伝送路131の終端部には光分岐144、光伝送路132の終端部には光分岐141、光伝送路133の終端部には光分岐142、光伝送路134の終端部には光分岐143がそれぞれ接続されている。更に、光分岐144と141の間には光増幅器261と光アイソレータ271が直列接続され、光分岐141と142の間には光増幅器262と光アイソレータ272が直列接続され、光分岐142と143の間には光増幅器263と光アイソレータ273が直列接続され、光分岐143と144の間には光増幅器264と光アイソレータ274が直列接続されている。

【0133】光伝送路101からの波長多重光信号は光分合波器170に入力され、 $\lambda_1 \sim \lambda_4$ の4波に分波された光信号が光伝送路131~134のそれぞれへ出力される。光伝送路131に出力された波長1548nmの光信号について説明すると、この光信号は光分岐144を経て光増幅器261で増幅が行われた後、光アイソレータ271と光分岐141を通過し、さらに光伝送路132を経由して光分合波器170に入力される。他の3波長も同様にして光分合波器170に入力される。各光信号が光分合波器170を通過する際、光増幅器261~264の自然放出光雑音と上記4波長( $\lambda_1 \sim \lambda_4$ )以外の波長が取り除かれる。

【0134】図28の光信号中継増幅装置によれば、光分合波器170から出力する波長多重光信号の雑音成分は極めて少なく、伝送路の受信感度劣化量は著しく改善される。

【0135】(第27の実施の形態)図26~28のそれぞれの構成の光信号中継増幅装置においては、光分波器120または光分合波器170に接続された光伝送路



131～134 毎に光増幅器が設けられている。このため、光増幅器 261～264 の利得を調整することにより、光レベル調整装置を構成することができる。また、光信号中継増幅装置と光レベル調整装置の両方の機能を備えた装置の構築も可能になる。上記実施の形態においては、光伝送路 101、102 における波長多重数を 4 波長であるとしたが、本発明は 4 に限定されるものではなく、8、16、32、64 など、任意の波長数に設定することができる。また、光信号の波長も 1550nm 帯に限定されるものではなく、1300nm 帯など他の波長帯に自由に設定できる。

【0136】また、光分波器、合波器、光分波器として、アレイ導波路回折格子を例にあげたが、同等の機能を有するグレーティング構造の波長ルータ、波長 MUX カプラーなど、或いは、光分岐と干渉膜フィルターの組み合わせなどで同等の機能を有するものであれば、同等の効果が期待できる。

【0137】また、アレイ導波路回折格子などに代表される前記光分波器、光合波器、光分合波器は各波長により挿入損失が異なるため、適宜各導波路に光減衰器を挿入して光レベルの等価を行うことも可能である。

【0138】上記実施の形態においては、光伝送路 131～134 にバンドパス光フィルタ 201～204 を設けて光フィルタ機能部材を形成したが、光伝送路 131～134 自体がフィルタ機能を持つ組み合わせ、あるいは光部品を用いることもできる。

【0139】更に、各光増幅器の利得を制御もしくは、第 2 の実施例に記載した光反射ミラーの反射率を制御して各波長毎に光レベル等価を行うことも可能である。

【0140】また、従来は、光増幅器の出力限界により波長多重数が多い場合、一波あたりの光出力が制限され、伝送距離が短くなる問題があったが、この方法により一波あたりの光出力の制限を大きく緩和することができる。また、波長多重光を各波長毎に任意の強度に光レベルを調整することができる。

【0141】上記第 1～第 9 の実施の形態では、アレイ導波路回折格子などに代表される前記光分波器、光合波器、光分合波器は各波長により挿入損失が異なるため、適宜各導波路に光減衰器を挿入して光レベルの等価を行うことも可能である。

【0142】上記第 1 の実施の形態では、光合波器、光分波器を用いているが、どちらか一方を単なる光分岐に置き換えても同様の効果が期待できる。

【0143】上記第 13～15 の実施の形態では、光増幅器 110 を取り除いて光伝送路に光減衰器を設置し、光レベル調整装置として利用することも可能である。

【0144】また、光分岐の分岐比率は 1:1 としたが、本発明はこれに限定されるものではなく、1:2 などの他の値を自由に設定することができる。

【0145】

【発明の効果】以上説明した通り、本発明の光信号中継増幅装置は、光増幅器から出力する光信号の波長のみを通過させ、光増幅器より発生する自然放出光を取り除く光フィルタ機能または光フィルタを備える構成にしたので、光増幅器の自然放出光に起因する雑音を除去することができ、受信感度の劣化が小さい光伝送を可能とすることができる。また、波長多重数が増加した場合でも、一波あたりの光信号出力を制限することがないため、中継間隔の長距離化が可能になる。

【0146】さらに、光増幅器より発生する自然放出光雑音を後方に配置した狭透過帯域幅の光分波器等により除去し、多段中継増幅後の受信感度の劣化を抑制することができる。また、光反射ミラーを用いた構成の光信号中継増幅装置によれば、構成が単純化できるために、安価になる。

【0147】また、本発明の光レベル調整装置によれば、分波された各波長毎に減衰させる光減衰器を設けたので、波長毎に大きく異なる光レベルを調整することができる。したがって、各波長の光レベルの揃った波長多重光信号による光伝送を行なうことができる。そして、光減衰器に代えて光増幅器を設けることにより、同様に各波長の光レベルの揃った波長多重光信号による光伝送を行なうことが可能になる。さらに、波長多重光を各波長毎に光レベルを調整することができるため、利得等価器等に応用できる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の光信号中継増幅装置の第 1 の実施の形態を示す接続図である。

【図 2】本発明の光信号中継増幅装置の第 2 の実施の形態を示す接続図である。

【図 3】本発明の光信号中継増幅装置の第 3 の実施の形態を示す接続図である。

【図 4】本発明の光信号中継増幅装置の第 4 の実施の形態を示す接続図である。

【図 5】本発明の光信号中継増幅装置の第 5 の実施の形態を示す接続図である。

【図 6】本発明の光信号中継増幅装置の第 6 の実施の形態を示す接続図である。

【図 7】本発明の光信号中継増幅装置の第 7 の実施の形態を示す接続図である。

【図 8】本発明の光信号中継増幅装置の第 8 の実施の形態を示す接続図である。

【図 9】本発明の光信号中継増幅装置の第 9 の実施の形態を示す接続図である。

【図 10】本発明の光信号中継増幅装置の第 10 の実施の形態を示す接続図である。

【図 11】本発明の光信号中継増幅装置の第 11 の実施の形態を示す接続図である。

【図 12】本発明の光信号中継増幅装置の第 12 の実施の形態を示す接続図である。

【図 13】本発明に係る光分波器の詳細構成を示す接続図である。

【図 14】本発明に係る光合波器の詳細構成を示す接続図である。

【図 15】本発明の光信号中継増幅装置の第 13 の実施の形態を示す接続図である。

【図 16】本発明の光信号中継増幅装置の第 14 の実施の形態を示す接続図である。

【図 17】本発明の光信号中継増幅装置の第 15 の実施の形態を示す接続図である。

【図 18】本発明の光信号中継増幅装置の第 16 の実施の形態を示す接続図である。

【図 19】本発明の光信号中継増幅装置の第 17 の実施の形態を示す接続図である。

【図 20】本発明の光信号中継増幅装置の第 18 の実施の形態を示す接続図である。

【図 21】本発明の光信号中継増幅装置の第 19 の実施の形態を示す接続図である。

【図 22】本発明の光信号中継増幅装置の第 20 の実施の形態を示す接続図である。

【図 23】本発明の光レベル調整装置の第 1 の実施の形態を示す接続図である。

【図 24】本発明の光レベル調整装置の第 2 の実施の形態を示す接続図である。

【図 25】本発明の光レベル調整装置の第 3 の実施の形態を示す接続図である。

【図 26】本発明の光信号中継増幅装置の第 21 の実施＊

＊の形態を示す接続図である。

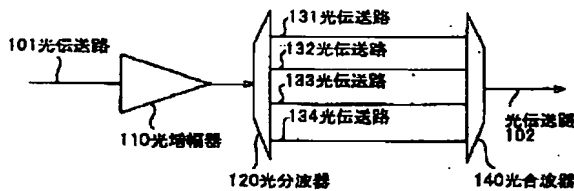
【図 27】本発明の光信号中継増幅装置の第 22 の実施の形態を示す接続図である。

【図 28】本発明の光信号中継増幅装置の第 23 の実施の形態を示す接続図である。

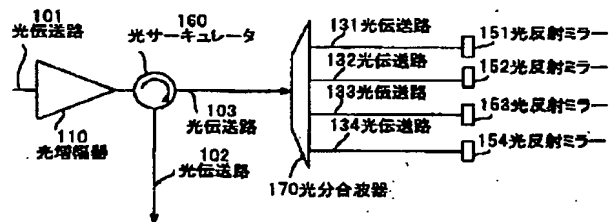
【符号の説明】

- 101～103, 131～134, 145～148 光伝送路  
110, 180, 261～264 光増幅器  
120 光分波器  
140 光合波器  
141～144, 190, 210, 1200, 2200 光分岐  
151～154 光反射ミラー  
160, 1301, 1302, 2301, 2302 光サーキュレータ  
170 光分合波器  
201～204 バンドパス光フィルタ  
220 ファイバグレーティング型光分波器  
230 ファイバグレーティング型光合波器  
240 ファイバグレーティング型光分合波器  
251～254 光減衰器  
1000～1004, 2000～2004 光伝送路  
1100, 2100 光アイソレータ  
1401～1406, 2401～2406 ファイバグレーティング  
271～274 光アイソレータ

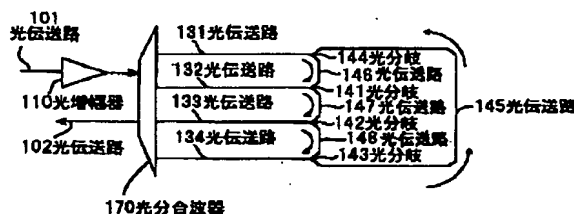
【図 1】



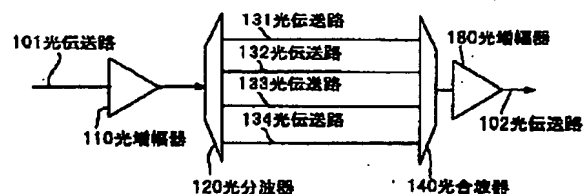
【図 2】



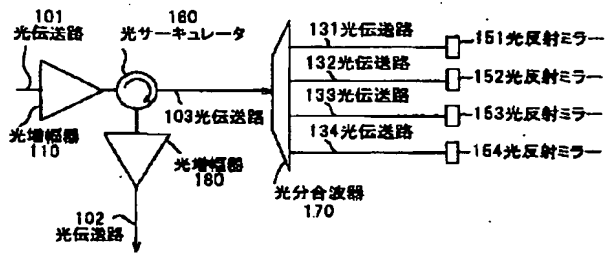
【図 3】



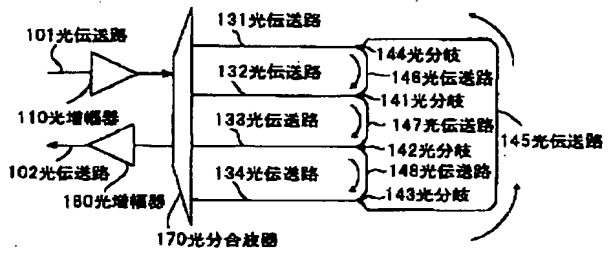
【図 4】



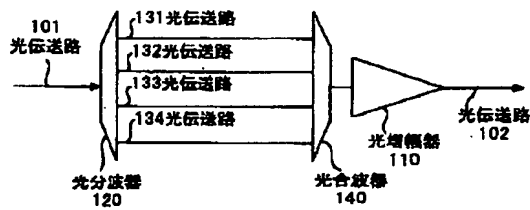
【図5】



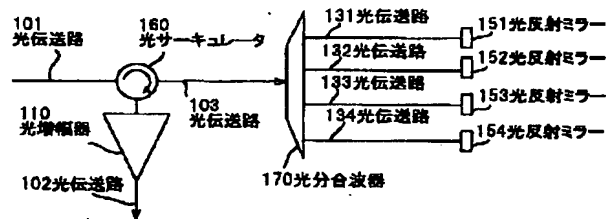
【図6】



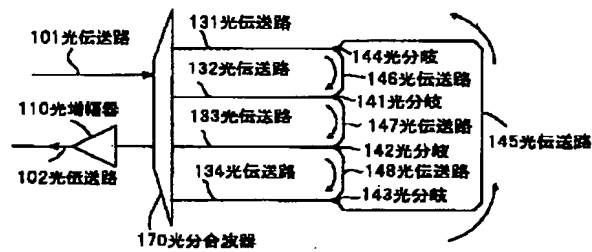
【図7】



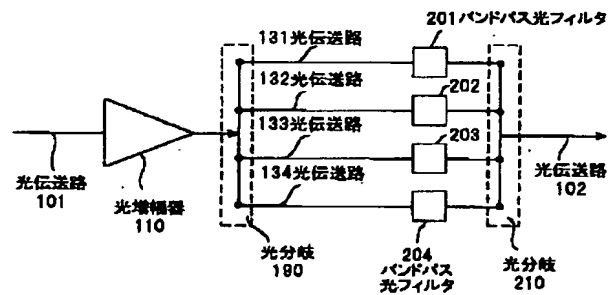
【図8】



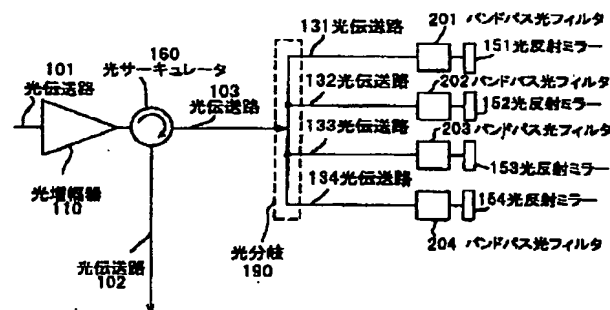
【図9】



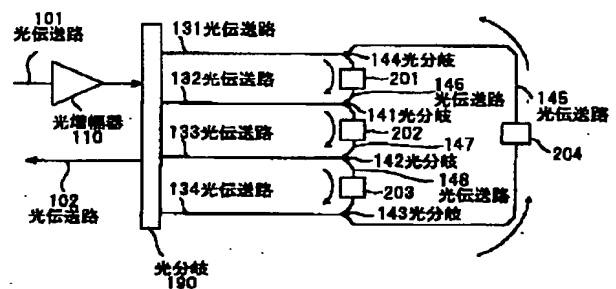
【図10】



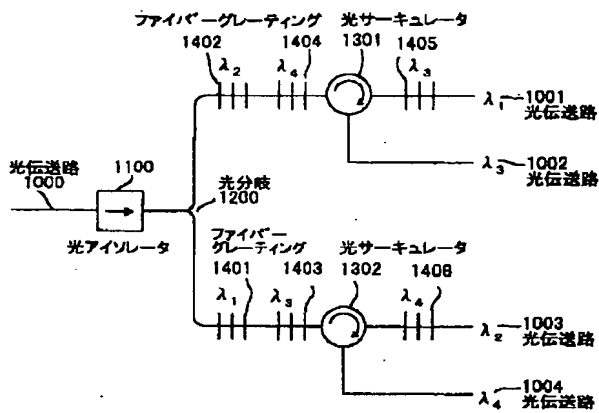
【図11】



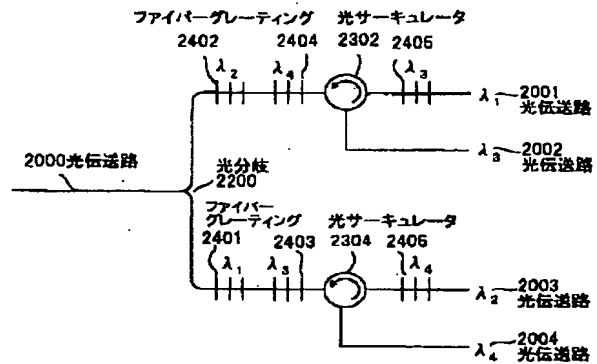
【図12】



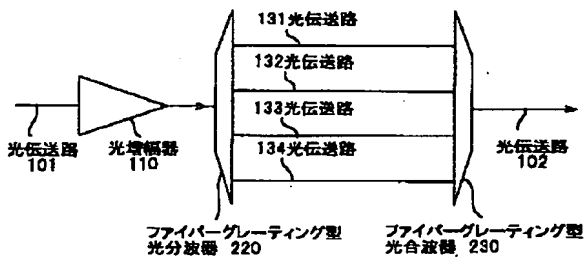
【図13】



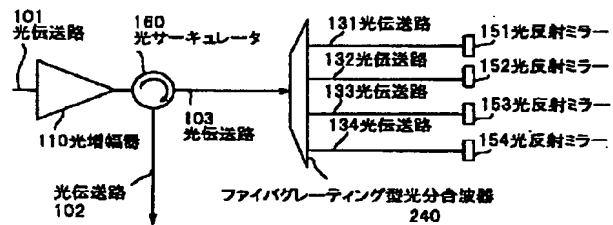
【図14】



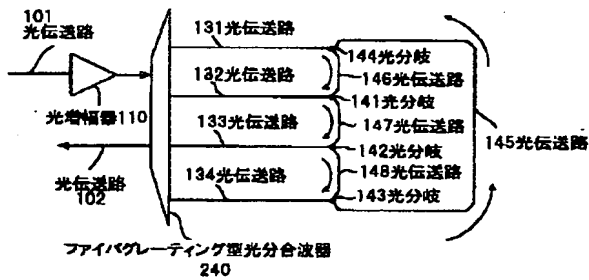
【図15】



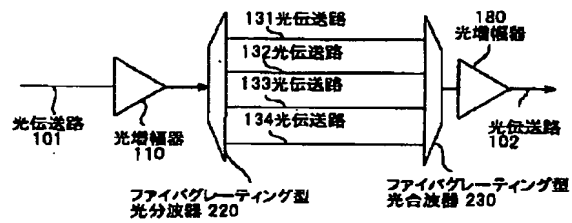
【図16】



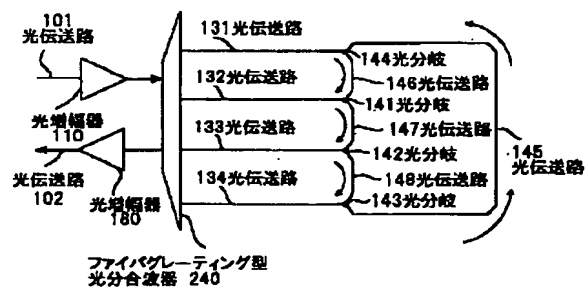
【図17】



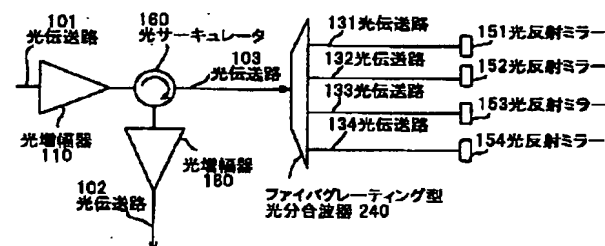
【図18】



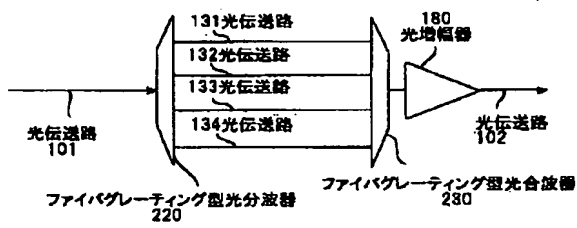
【図20】



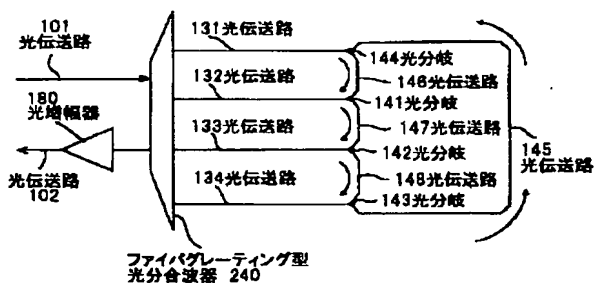
【図19】



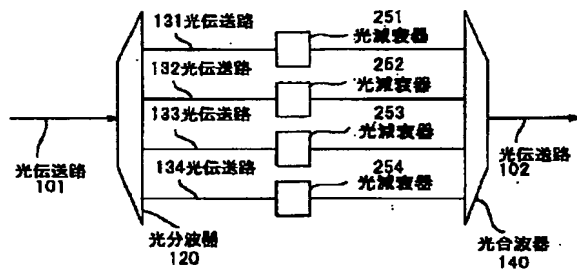
【図21】



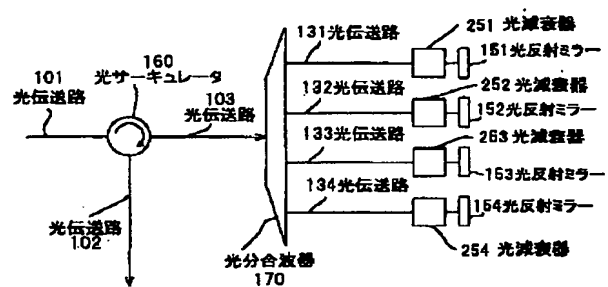
【図22】



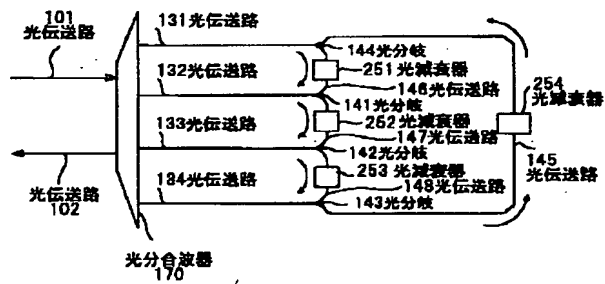
【図23】



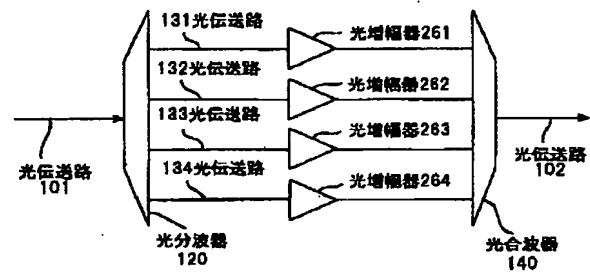
【図24】



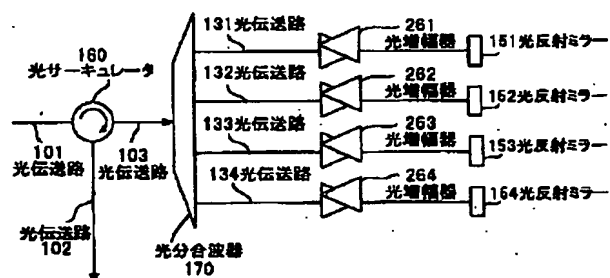
【図25】



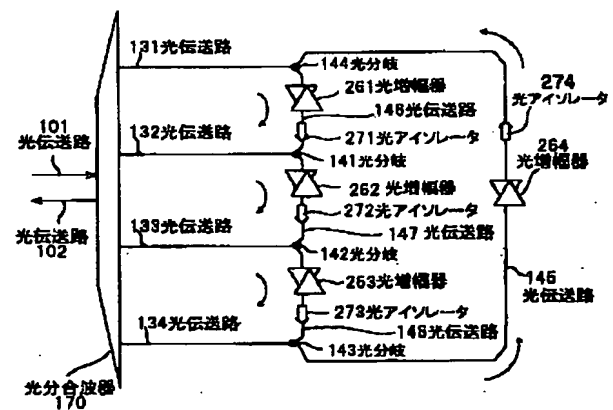
【図26】



【図27】



【図28】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

F I

H 0 4 J 14/02

H 0 4 B 10/14

10/06

10/04